枣实蝇生物学特性研究

胡陇生[1,2]，田呈明[1,*]，朱银飞[1]，周忠赞[3]，任　玲[3]，齐长江[3]
（1. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室，北京 100083；2. 新疆农业大学林学与园艺学院，乌鲁木齐 830000；3. 喀什地区林业有害生物防治检疫局，新疆喀什 844000）

摘要：枣实蝇 *Carpomya vesuviana* Costa 作为一种高度危险性的外来有害生物，为害枣树并严重影响枣产品质量及其商品价值。本文通过在新疆进行的人工饲养和野外观察试验，对枣实蝇的羽化、交尾、产卵和有效积温等生物学特性进行了研究。结果表明：枣实蝇羽化主要集中在 8:00－11:00，占总羽化数的 86.3%，其羽化高峰期出现在 10:00 前后。交尾平均时长为 309.00±8.46 min，交尾高峰分别出现在 11:00－12:00 和 20:00－21:00。雌虫产卵平均时长为 8.20±0.51 min；产卵节律不明显，9:00 之前和 21:00 之后产卵量较小，白天各个时间段产卵量无显著性差异。成虫单日产卵量最高为 16 粒，平均每天产 6～9 粒，每产卵孔内有 1～6 粒卵。卵的发育起点温度为 13.57℃，有效积温为 48.18 日・度；蛹的发育起点温度为 6.38℃，有效积温为 357.17 日・度；卵到蛹期的发育起点温度为 8.78℃，有效积温为 283.29 日・度；幼虫的发育起点温度 6.39℃，有效积温为 245.61 日・度。本研究为进一步开展枣实蝇科学防控提供了基本资料。

关键词：枣实蝇；羽化；交尾；产卵；发育起点温度；有效积温
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2013)01-0069-10

Biological characteristics of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana* (Diptera: Tephritidae)

HU Long-Sheng[1,2], TIAN Cheng-Ming[1,*], ZHU Yin-Fei[1], ZHOU Zhong-Zan[3], REN Ling[3], QI Chang-Jiang[3] (1. The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Xinjiang Agriculture University, Forestry and Horticulture College, Urumqi 830000, China; 3. Kashi Forest Disease and Insect Pest Control and Quarantine Bureau, Kashi, Xinjiang 844000, China)

Abstract: The ber fruit fly, *Carpomya vesuviana* Costa, is currently listed as a quarantine pest which is prohibited into China, and its occurrence has led to disastrous damage to *Ziziphus*, especially its larvae feed sarcocarp, affecting the quality and commodity price of jujube products. The biological characteristics of the ber fruit fly, including eclosion, mating, oviposition and the effective accumulated temperature, were studied through field survey and laboratory observation in Xinjiang. The results showed that the process of eclosion can be divided into four stages: cracking and crawling out pupal shell, crawling around, wing stretching and flying. About 86.3% eclosion of the ber fruit fly mainly occurred from 8:00 to 11:00, and the peak time was around 10:00. The mating process lasted about 309.00 ± 8.46 min, with the peak time occurring at 11:00－12:00 and 20:00－21:00. Oviposition consists of four stages, *i. e.*, orientation, puncture, ovulation and ending, with the average time about 8.20 ±0.51 min. Fewer eggs were laid before 9:00 and after 21:00. The highest number of eggs laid per female per day was 16, the average number of eggs laid per female per day was 6－9, and 1－6 eggs were laid in each oviposition aperture. The developmental threshold temperature and effective accumulated temperature were different during each stage (egg, 13.75℃ and 48.18 day-degrees; pupa, 6.38℃ and 357.17 day-degrees; from egg to pupa, 8.78℃ and 283.29 day-degrees; larva, 6.39℃ and 245.61 day-degrees, respectively). This study provides basic data for further studying and sustainable control of this serious pest.

基金项目：林业公益性行业专项(201004017)；新疆维吾尔自治区科技攻关项目(200831108)；新疆维吾尔自治区重大专项(201130102-3)；国家林业局“948”项目(2008-4-57)
作者简介：胡陇生，男，1984 年生，甘肃兰州人，硕士研究生，研究方向为林业外来有害生物研究，E-mail：hulunihaonihao@163.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail：chengmt@bjfu.edu.cn
收稿日期 Received：2012-05-09；接受日期 Accepted：2012-12-24

Key words: *Carpomya vesuviana*; eclosion; mating; oviposition; developmental threshold temperature; effective accumulated temperature

枣实蝇 *Carpomya vesuviana* Costa 隶属于双翅目(Diptera)实蝇科(Tephritidae),是《中国人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》中规定的禁止进境检疫性入侵害虫(张润志等, 2007)。该害虫通常可造成枣果减产 20% 以上,严重时可致使 90% 以上枣果受害,影响枣产品质量及其商品价值(陈乃中和沈佐锐, 2002)。枣实蝇原产印度,分布于阿富汗、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、波斯尼亚、高加索、巴基斯坦、泰国、意大利等(张润志等, 2007)。

枣实蝇为害各类枣树,包括枣 *Zizphus jujuba* 和酸枣 *Z. jujube* var. *spinosa*。曾有报道认为桃金娘科(Myrtaceae)的番石榴 *Psidium guajava* 为枣实蝇寄主(Carroll *et al.*, 2005),但未见有枣实蝇危害番石榴的相关报道。枣实蝇以产卵和幼虫蛀食为害枣果,常导致枣果早熟、萎蔫和腐烂,可致枣果产量损失 40%~100% (Gyi *et al.*, 2003)。在印度,枣实蝇为枣树最具毁灭性的害虫,已成为影响枣树成功种植的限制因子(Lakra and Singh, 1983)。其中枣实蝇在印度 Haryana 邦的 Bawal 对 13 年生枣树危害率达 12%~78.5% (Dashad *et al.*, 1999), Rajasthan 邦的危害率达 73% ~ 100% (Pareek *et al.*, 2003)。枣实蝇在巴基斯坦的危害率达 45% (Stonehouse *et al.*, 1998)。中国于 2007 年 7 月在新疆吐鲁番地区红枣上首次发现枣实蝇,其危害面积已达到 1 082.5 hm^2,销毁有虫果 2 233.8 t(阿地力·沙塔尔等, 2008),已成为制约新疆枣业发展的重大有害生物。

观察发现,枣实蝇成虫多在 9:00 - 14:00 羽化,白天交尾产卵,晚间在树上歇息(Berdyeva, 1978),且成虫喜好在果实底部产卵(Batra, 1953),雌虫全天均能产卵。Khare(1923)、Tominic(1954)和 Pruthi 等(1960)报道过单产卵孔内卵量; Lakra 和 Singh(1989)及 Sangwan 和 Lakra(1992)等报道过枣实蝇发育和温度的关系。何善勇(2009)对枣实蝇成虫交尾时间、羽化高峰和蛹的有效积温进行过报道。同时,枣实蝇风险分析综合评价值 R 为 2.20,在我国属于高度危险(岳朝阳等, 2009)。国家林业局已将枣实蝇列为国内有害生物检疫对象,作为重要林业有害生物在全国范围内监测。

鉴于枣实蝇对我国枣产业存在潜在的巨大威胁,而国内对该害虫生物学特性鲜有报道,故本文通过在新疆进行的人工饲养结合室内外观察,对枣实蝇羽化、交尾、产卵、有效积温等生物学特性进行了较为详细的观察研究。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

于 2010 年 10 月在新疆 KSS 地区某电台附近枣园收集大量受害枣果,并收集蛹带回网室(5.4 m × 36.0 m,内栽植枣树 2 列 8 行,行间距 2.0 m × 3.0 m,树径平均 4.2 cm)备用,网室环境为自然变温条件。2011 年 5 月中旬越冬代成虫羽化后根据不同羽化时期在养虫笼(高 40.0 cm、长 25.0 cm、宽 18.0 cm)内进行分批饲养。

1.2 羽化观察

收集 2011 年 7 月 23 - 25 日老熟幼虫或初化蛹,从中选出 120 头枣实蝇蛹分别放入 4 个 500 mL 烧杯中,每个烧杯 30 头(每烧杯内先放入 6.0 cm 厚细土,将蛹均匀分布其上,用 20 目筛子筛土,覆盖于蛹上约 5.0 cm),杯口用双层纱布密封。置于网室内枣树下,每日 8:00, 14:00 和 20:00 连续观察 3 次,自第一次观察到成虫后于次日 6:00 开始每1 h观察记录一次,直到羽化结束(连续 6 日无成虫羽化且检查无活体蛹)。

1.3 交尾观察

2011 年 7 月 26 - 28 日,收集饲养 1 个月的成虫 60 头(雌:雄 = 1:1)分别于 3 个养虫笼内(每笼各 20 头),置于网室内枣树下,每隔 0.5 h 观察记录 1 次交尾对数,持续到 22:00,同时记录当天的天气状况;重复观察 3 天。

1.4 产卵观察

在交尾观察试验中,于 8:00 开始放入新鲜的枣果,每隔 15 min 观察记录一次产卵情况,持续到 22:00,之后换上新鲜的枣果,于早上 8:00 取出枣果观察夜间产卵情况;重复观察 3 天。

从 2011 年 5 月开始到 2011 年 10 月,观察不同季节单产卵孔内卵量的差异。

1.5 单对成虫习性

收集 8 对初羽化成虫按单对置于养虫笼内进行饲养,标号从 1 ~ 8,每日 8:00 放入枣果, 22:00 收集枣果,观察单对成虫交尾产卵等习性。

1.6　发育历期观察

各个虫态置于 PQX 型智能人工气候箱（宁波东南仪器有限公司）中饲养，设置 20℃，23℃，26℃，29℃和 32℃共 5 个温度处理，相对湿度 70%±5%，光周期 14L:10D。

卵的历期：新鲜枣果采卵后用解剖针挑选大小适中发育良好的初产卵，接入到直径 9 cm 的培养皿湿润滤纸上。每皿接卵 50 粒，每日 8:00 和 20:00 检查 2 次。

蛹的历期：老熟幼虫即将化蛹时，将幼虫接入灭菌的沙土待其化蛹，分别挑选同日龄蛹，将盛有 30 头蛹的烧杯放入养虫笼内，每日 8:00 和 20:00 检查 2 次，直到成虫羽化。

卵到蛹的历期：将初产卵的枣果放入气候箱中直到化蛹为止，观察卵到蛹的历期。

1.7　数据处理

发育起点温度和有效积温的计算采用传统的回归直线法（丁岩钦，1998）。有效积温公式：

$$K = N(T - C) \tag{1}$$

$V = 1/N$，则：$T = C + KV$。

根据公式（2）~（5），应用最小二乘法求系数 C 和 K 及标准误差 S_C 和 S_K。

$$K = \frac{n\sum VT - \sum V \sum T}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} \tag{2}$$

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} \tag{3}$$

$$S_K = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)\sum (V - \bar{V})^2}} \tag{4}$$

$$S_C = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{n-2}\left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2}\right]} \tag{5}$$

式中：K 为有效积温，C 为发育起点温度，$V = 1/N$ 为发育速率，N 为发育历期，T 为处理温度，$T' = C + KV$ 为温度计算值，n 为试验温度组数，S_K 为有效积温 K 的标准误差，S_C 为发育起点温度 C 的标准误差，$\bar{V}$ 为平均发育速率（张孝羲，1995）。

统计分析采用 SPSS18.0 统计分析软件。因幼虫的饲养还未成熟，未能直接测定幼虫的历期。但可利用卵到蛹和卵的历期推算出幼虫的发育起点温度和有效积温。

2　结果与分析

2.1　枣实蝇成虫的羽化

2.1.1　羽化节律：8 月 9 日首次发现有 8 头成虫羽化，持续 6 d。供试的 120 头蛹羽化成虫 81 头，自然羽化率为 67.5%。成虫羽化从早晨 6:00 后开始一直持续到 15:00。其中 9:00 - 10:00 羽化 30 头，8:00 - 9:00 和 10:00 - 11:00 分别羽化 19 头和 14 头，成虫羽化时间段集中在 8:00 - 11:00，共羽化 63 头，占羽化总数的 86.3%（图 1）。

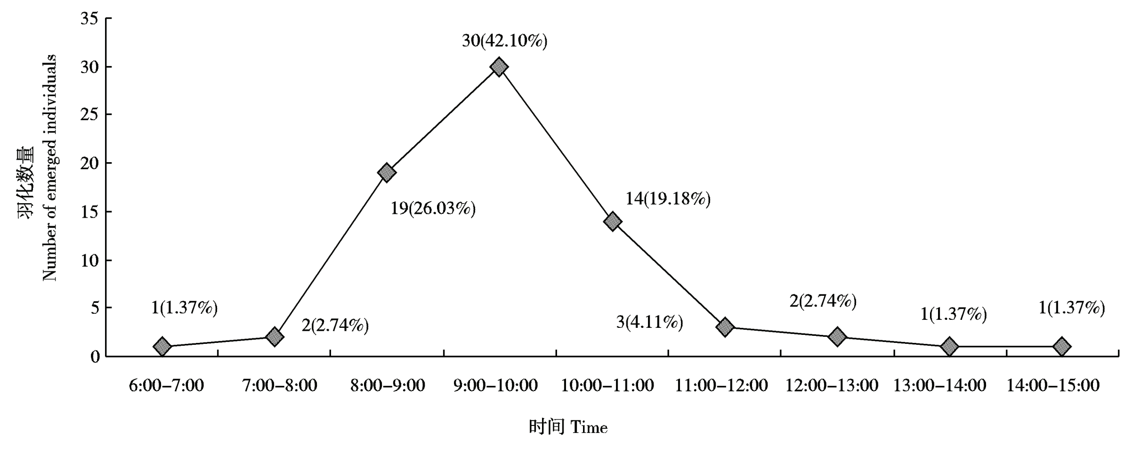


图 1　枣实蝇成虫不同时段的羽化情况

Fig. 1　The temporal pattern of eclosion of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*

括号内数据为占一日内羽化总数的比例。Data within parentheses are the proportion of the total in a whole day.

2.1.2　羽化分期：枣实蝇羽化可分为出壳破土、爬行、展翅和飞行 4 个阶段。

老熟幼虫脱落后钻入土中或者找到一个安全的场所后便不再爬行，收缩身体直到化蛹。化蛹后初期为淡黄色，后渐变为米黄色。化蛹时间与温度相关，室温下老熟幼虫钻入土中 3 h 左右即可化蛹，而在 20℃时，化蛹可达 1 d 之久。部分老熟幼虫在枣果内也能化蛹，或卡在脱落孔中后在脱落孔中化蛹。具体羽化过程如下：

(1)出壳和破土：枣实蝇的额囊在蛹内膨胀，将蛹壳前端撑开，膨胀的额囊从裂口中突出，之后胸部向头部收缩，身体向前蠕动和爬行。此时蝇足很软，运动主要靠蠕动。以上动作反复多次，直至脱壳(图版Ⅰ：A)。脱壳后枣实蝇依靠额囊向前突出挤开土壤，然后身体向前蠕动，同时依靠软足挖掘爬行，渐渐的从土中爬出。爬行过程中蛹壳与土的摩擦使得几个足都能顺利的出来，同时壳留在土壤中。有时因出壳时间太长而虫体变硬，导致虫体卡在壳中死亡，这种现象多发生在蛹滞留在土壤表面时，多因未能借助外力或者自身营养不良造成。出壳破土后土表面有明显小的空洞。整个过程一般需 10 ~ 15 min。

(2)爬行：刚脱壳的成虫体色通透，体色较浅，翅未展开，体型较长，腹部扁平(图版Ⅰ：B)。出土后便四处爬行，寻找适当、安全的地方伸腹和展翅(伸腹和展翅均在静止状态中进行)。爬行过程约 2 ~ 3 min，若遇到危险会继续寻找合适场所。在烧杯内发现大多数会在烧杯边缘处或者在较高处进行展翅。

(3)展翅：展翅前，静止的成虫不断地梳理头部和搓足，额囊和腹部不断地收缩，一般 5 min，为展翅做准备。展翅时，翅从皱缩棒状缓慢的展开(图版Ⅰ：C ~ H)，刚展开的翅通透，黄色斑纹不明显，整个过程大概 3 min。此阶段若无法展翅就会导致成虫畸形，多由于营养不良使得腹部用力不足引起，成虫会不断地用后足梳理翅使其展开，但效果并不理想，往往会变为畸形。展翅后枣实蝇会长时间静止(图版Ⅰ：I)。此时枣实蝇腹部仍然扁平长，额囊未成形，头部呈蝴蝶状，体色偏浅。此后成虫腹部不断收缩直至饱满；额囊不断收缩直至头部变为扁圆状，同时体色发生变化，背板上淡黄色部分变深黄，黑色斑点从小变大，原先发白的斑点也渐变黑，背板的特征逐渐明显，翅上黄色斑纹清晰可见(图版Ⅰ：J)。以上过程持续 40 ~ 50 min。待成虫体征明显后并不急于爬行，梳理头部、翅、足行为增多，为飞行做准备。

(4)飞行：成虫始飞前期以跳跃滑翔进行尝试，慢慢的进入自由飞行。

2.2 枣实蝇成虫的交尾

2.2.1 交尾持续时间：成虫交尾持续时间最短为 237 min，最长为 356 min，平均时长为 309 ± 8.46 min。在网室饲养过程中发现，最早在 8:00 左右即有交尾现象发生，最晚可持续到凌晨 2:00 – 3:00，白天和晚上交尾的持续时间无显著性差异。

2.2.2 交尾节律：2011 年 7 月 26，27 和 28 日，环境温度分别为 24 ~ 32℃，25 ~ 34℃和 20 ~ 32℃，取 3 d 累计交尾次数为指标，发现 7:00 – 8:00 未发现有交尾现象，但一天中出现 2 次交尾高峰，第 1 次高峰期出现在 11:00 – 12:00，偶可持续到 15:00 – 16:00。第 2 次高峰期出现在 20:00 – 21:00，偶可持续到凌晨 2:00 – 3:00，之后夜间无交尾现象发生(图 2)。

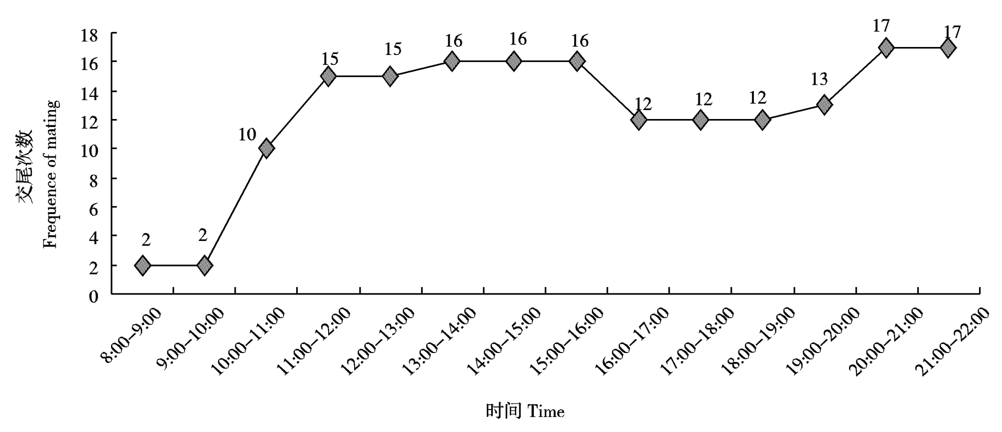


图 2 枣实蝇 3 d 内不同时段的交尾情况

Fig. 2 The temporal pattern of mating of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*, within 3 d

2.2.3 交尾过程：雄虫从侧面或背面飞到雌虫背部，用前足和中足抓住雌虫腹部前端进行交尾(图版Ⅱ：A)。交尾时，雌虫有时会坠落到地面，有时把产卵管抵在枣果或其他物体上不让其对接；有时则拖动雄虫移动，同时后足不停地拨弄雄虫使其脱落。雄虫则有时用前足不断地抚摸雌虫的头胸部，有时会用口器不断地舔吸雌虫背部，同时用腹部末端勾住雌虫的产卵管使其对接，前足和中足则死死地抓住雌虫腹部不让其轻易地挣脱。如果未被挣脱，身体保持平直，前、中足弯曲伏于雌虫腹部，后足接触枣果果面等，生殖器对接。整个过程1～2 min左右。但试验中，雄虫被挣脱的居多，失败率很高。交尾成功后，雌虫一直背负着雄虫四处活动，休息、取食、飞行时也不分开，此期间外界干扰对其交尾影响不大，即使用手拨弄也不易分开。

2.3 枣实蝇成虫的产卵

2.3.1 产卵节律：以每日同时间段内雌虫的平均产卵次数为指标，发现产卵节律不明显，9:00之前和21:00之后产卵量较小，但各个时间段内产卵量无显著性差异(图3)。8:00－9:00后产卵量逐渐增加，11:00－12:00达16.7粒，之后1 h可能由于此时温度过高产卵量下降为11.7粒，随后产卵量逐渐趋于稳定，到21:00－22:00时逐渐下降。夜晚22:00到次日早上8:00产卵量极少，3 d仅在一个枣果上发现有一个产卵孔。

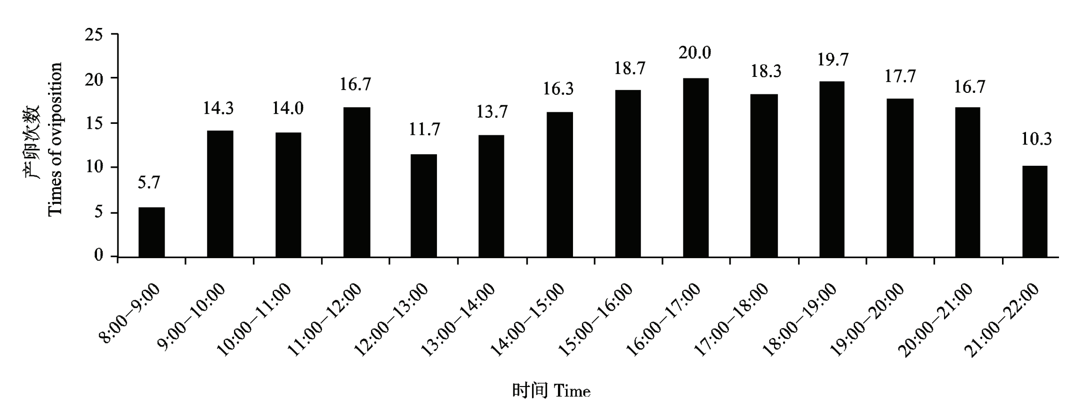


图3 枣实蝇雌虫3 d内不同时间段产卵量分布

Fig. 3 The temporal pattern of oviposition of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*, within 3 d

2.3.2 产卵分期：枣实蝇雌虫产卵(图版Ⅱ：B)过程可以分为定位、穿刺、排卵、休整4个阶段。

(1)定位：交尾后的雌成虫寻找适宜的产卵果并确定枣果上适宜的产卵部位。产卵前枣实蝇先要进行定位，选择好枣果后，在枣果上游走。有些雌虫游走时不断地震动翅膀，有些雌虫则会停下来清洁足，再继续定位。定位成功后，绕着即将产卵的部位绕圈，接着开始穿刺。雌虫一般不能一次就穿刺成功，通常会进行反复穿刺或重新定位选择，整个过程最长可达20 min。

(2)穿刺：穿刺分两种方式进行，首先雌虫的前足和中足紧紧吸附于枣果，后足伸展，提腹弯曲，产卵管逐渐地向下与枣果形成90°弯曲，用针突反复多次探刺。待刺破后将产卵管固定在孔口，腹部来回用力使得产卵管更深入，同时产卵管向身体后方伸展，不断伸缩，为产卵提供场所，产卵管倾斜度与枣皮大约成60°左右。

(3)排卵：穿刺成功后枣实蝇静止，仅腹部伸缩蠕动，但不能明显看见卵通过产卵管的过程，时间持续为1 min左右。

(4)休整：排卵结束后，有些雌虫蹬直后足，待产卵管缩回与枣果成90°弯曲后，迅速拔出，有些则直接拔出，结束动作不明显，并将伸缩膜和针突收缩至产卵管基节内。还有些雌蝇从果中抽出产卵管后，要进行产卵管的梳理和清洁活动。

同时，在观察产卵过程时发现枣实蝇有连续产卵的现象，即产完卵后间隔3～8 min马上又进行下一次产卵。试验中观察到最多可以连续产卵3次。同时发现有产卵与交尾交替进行现象发生，即有些雌虫在产卵时或者刚刚产卵完成，在其周围守候的数头雄虫，会突然飞到雌虫体上进行交尾。

2.3.3 产卵持续时间：供试虫源为饲养1个月的生命力较强的成虫，枣果为7月底枣果。产卵穿刺平均时长8.20±0.51 min。其中定位1～3 min、穿刺2～6 min、排卵1～3 min、休整1 min。成虫在定位后需要数次穿刺才能成功产卵，经数次穿刺直到

成功最长达 0.5 h 之久。未能穿刺成功时则将卵产于果皮表面。在 2010 – 2012 年的观察过程中发现枣实蝇产卵时间差异较大，不同日龄的成虫与不同时期的枣果对产卵时间影响很大。饲养天数较少的成虫生命力越强，产卵时间越短；随着枣果成熟度增高、坚硬，成功产卵的时间也就越长。

2.3.4 卵和幼虫的生物学特性：卵的孵化与水分密切相关，当卵置于滤纸上孵化时，水分不宜过高，刚刚湿润即可。含水量过高或过低均不利于卵的孵化，水分过高时卵壳柔韧性强，幼虫不易破壳而出，水分过低则卵易脱水破裂干瘪。通常，卵在 32℃恒温下，2.5 d 即可孵化。卵最初为乳白色，当快孵化时，头部隐约可见，越临近孵化期，头部的口钩和头咽骨越清楚可见。孵化前，卵中的幼虫利用口钩进行刮吸，直至刮破表皮破壳而出，出壳后幼虫即可觅食。卵孵化后，卵壳留在产卵腔内。通常在 32℃下，幼虫化蛹最短需 9 d。幼虫在孵化后第 3 天左右脱皮一次变为 2 龄幼虫，随后迅速生长，大约在第 5 天进行第 2 次脱皮成为 3 龄幼虫。幼虫在脱皮过程中，新形成的口钩先出现于头咽骨端部，与原来的口钩同时并存。新口钩及头咽骨完全形成后，原口钩及头咽骨随蜕皮完全地脱去，幼虫进入下一个龄期。处在脱皮期的幼虫均能观察到双口钩和头咽骨。脱下的蜕皮在枣果内可见。大约在 8 ~ 9 d 后生长为老熟幼虫并准备脱果。绝大部分的幼虫绕着枣核进行取食，每脱一次皮，取食孔道会明显变大，也有极少数幼虫死在枣果内。野外观察发现，从卵到老熟幼虫需要 12 d 左右(8 月 18 日产卵，8 月 30 日发现有脱落孔)。老熟幼虫从枣果钻出，身体不断蠕动，脱落时老熟幼虫不断地扭动身体，在脱落孔上旋转使自己脱落，有时候老熟幼虫不断用头部顶到虫体上或者枣果上使其自身脱落。

2.4 单对枣实蝇成虫习性

在网室内，于 7 月 27 日 – 8 月 10 日，对 8 对成虫进行观察 15 d 后发现，其中 1 对成虫有多次交尾现象但未见有产卵，2 对成虫始终未见交尾，原因不明。其他成虫 4 ~ 5 d 即可交配产卵，单日最高产卵量为 16 粒，平均每天产 6 ~ 9 粒卵，从开始产卵后，每日均能产卵的持续时间还需进一步观察。

2.5 单产卵中枣实蝇成虫的孔卵量

从受害枣果剖卵发现，自枣实蝇开始产卵的 5 月中下旬起，绝大多数产卵孔中每孔仅 1 粒卵，极少数有 2 粒卵(图版Ⅱ：C)。但在 8 月底之后，单产卵孔频繁出现 2 粒以上卵(图版Ⅱ：D)，最多单产卵孔中有 6 粒卵。

2.6 温度对枣实蝇各虫态历期的影响

温度对枣实蝇各虫态的发育历期有显著影响(表 1)。在 20 ~ 32℃恒温条件下，枣实蝇均能完成世代发育，且各虫态的发育历期随着温度的升高而缩短。蛹在 20℃恒温条件下羽化率较低，不适宜成虫生长发育。

表 1 枣实蝇各虫态发育历期

Table 1 Duration of different developmental stages of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*

温度(℃) Temperature	卵 Egg		蛹 Pupa		卵至蛹期 From egg to pupa	
	观察个体数 Number of individuals observed	发育历期(d) Developmental duration	观察个体数 Number of individuals observed	发育历期(d) Developmental duration	观察个体数 Number of individuals observed	发育历期(d) Developmental duration
20	50	7.01 ± 0.42 a	30	–	60	24.65 ± 0.41 a
23	50	5.02 ± 0.44 ab	30	21.13 ± 0.81 a	60	20.10 ± 0.68 b
26	50	4.11 ± 0.17 b	30	18.73 ± 0.72 ab	60	16.59 ± 0.63 bc
29	50	3.21 ± 0.24 bc	30	15.47 ± 0.43 bc	60	14.22 ± 0.45 cd
32	50	2.54 ± 0.14 d	30	14.05 ± 0.43 cd	60	12.04 ± 0.36 d

–：20℃下 30 头蛹仅羽化 4 头，不具统计意义 Only 4 of 30 pupae were developed into adults at 20℃, so the data had no statistical significance.

2.7 枣实蝇各虫态的发育起点温度与有效积温

各虫态的发育起点温度 C 和有效积温 K 的关系如表 2 所示。各虫态发育速率均随温度的升高而加快，发育速率与温度极相关，相关系数均在 0.98 以上。其中，枣实蝇卵和蛹的发育起点温度分别为 13.57℃和 6.38℃，所需的有效积温分别为 48.18

日·度和 357.17 日·度；卵到蛹期的发育起点温度和所需的有效积温分别为 8.78℃ 和 283.29 日·度。利用卵到蛹和卵的历期可推算出幼虫的发育起点温度为 6.39℃，所需有效积温为 245.61 日·度(表 2)。

表 2　枣实蝇各虫态的发育起点温度和有效积温

Table 2　Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of different developmental stages of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*

虫态 Developmental stage	C	S_C	K	S_K	回归方程 Regression equation	R^2
卵 Egg	13.57	0.88	48.18	3.22	$V=[T-(13.57\pm0.88)]/(48.18\pm3.22)$	0.987
蛹 Pupa	6.38	1.82	357.17	30.38	$V=[T-(6.38\pm1.82)]/(357.17\pm30.38)$	0.986
卵至蛹期 From egg to pupa	8.78	0.59	283.29	9.38	$V=[T-(8.78\pm0.59)]/(283.29\pm9.38)$	0.997
幼虫 Larva	6.39	0.73	245.61	8.96	$V=[T-(6.39\pm0.73)]/(245.61\pm8.96)$	0.996

C：发育起点温度 Developmental threshold temperature；S_C：发育起点温度的标准误 Standard error of C；K：有效积温 Effective accumulated temperature；S_K：有效积温的标准误 Standard error of K.

3　讨论

枣实蝇的适生范围广、生殖能力强、发生迅猛且危害面积大。本研究发现成虫单日产卵量最高为 16 粒，平均每天产 6～9 粒，每个产卵孔内有 1～6 粒卵，白天均能产卵且各个时段差异不显著。为害期从枣果初膨大的 6 月一直可持续到果实收获的 10 月，世代重叠严重。雌虫羽化后 4～5 d 即可交配产卵，卵期短，常温下约 3～4 d，1 龄幼虫行动活跃，短时间内即为害到果核部位。由于枣实蝇成虫体积较小，约 3～5 mm，肉眼不易观察，为害后产卵孔大小为 0.5～1.5 mm，也不易察觉，待出现明显特征时为时已晚。

枣实蝇的羽化期从早晨 6:00 持续到下午 15:00，但羽化高峰期集中在 9:00－10:00，6:00 前未见成虫羽化，这与何善勇等(2009a)报道的羽化多发生在 8:00－16:00 以及 Berdyeva(1978)报道的 9:00－14:00 期间羽化的结论相似。同时发现，在羽化过程中，停留在羽化场所的时间较长，从出壳到始飞期历时 50～120 min。飞行前，枣实蝇需要一定的时间使得翅膀和身体硬化。在此之前，飞行能力弱，仅能爬和跳跃式飞行。因此在此期间采取合理的防治方式进行防治，预期可取得良好效果。同时发现，5 月中下旬，绝大多数单个产卵孔中仅有 1 粒卵，而 8 月下旬天气转凉后，单产卵孔频繁出现 2 粒卵状况，最多时 1 个产卵孔内出现 6 粒卵。Basha(1952)曾报道单产卵孔最多为 4 粒卵；Khare(1923)、Tominc(1954)、Pruthi 等(1960)则认为有 1～2 粒卵。据此推断，随着危害程度加深，产卵量日趋增大。枣实蝇 5 月中旬羽化，6 月初枣树尚未结果或结果较小，此时枣实蝇无适宜产卵的枣果，此时开展防治可有效降低虫口密度。

昆虫的发育起点温度和有效积温是基础的生物学特征值，同时也是准确测报发生期从而确定最适防治时期的关键。当测得某一虫态或龄期的发育起点温度和有效积温后，便可根据当地常年同期的平均气温，结合气象预报资料，应用有效积温法则预测下一虫态或龄期的发生期，从而合理地安排并实施害虫种群的防控措施。但目前幼虫期的有效积温和发育起点温度的研究尚存在困难，尤其在人工饲养尚未成熟的条件下，仅可通过推算得出幼虫的有效积温和发育起点温度。本研究结果是通过恒温培养计算而来的，但在实际应用中，需要考虑外部环境条件，以便提高预测的精度。目前，国内外仅何善勇等(2009b)报道过蛹的有效积温，但笔者的结果与其结果差异很大。分析可能的原因有二：一是由于不同的研究者所设置的实验温度及温度梯度的不同，以及所采用的饲养方法和统计分析的方法等有所不同，造成一些程度上的结果差异；二是与所采的虫源及其所生存的环境因素差异有关(袁盛勇等，2005)。本研究中采用的虫态均为第 1 代，而何善勇等(2009b)选用的虫态为越冬代；同时发现虫源地新疆吐鲁番市和 HMS 的枣实蝇与 KSS 的枣实蝇的遗传距离较远，为 0.062，其相似性为 94.1%(阿地力·沙塔尔等，2012)。

枣实蝇近几年的大面积暴发，受到了越来越多的关注，中国是世界最大的枣产国，新疆又是主要

的枣树种植区，一旦控制不当后果不堪设想。因此，对枣实蝇的生物学特性和发生规律进行深入细致的研究，对于枣实蝇的防治研究具有重要的意义。同时枣实蝇目前虽仅在我国新疆局部地区发生，也未大规模暴发成灾，但要重视各省市各地区间的检疫工作，以防止枣实蝇进一步的蔓延扩散。有关部门应增强对该虫生物学特性的研究，加强对该虫发生和分布情况的普查力度，从而保障新疆乃至全国的枣产业发展。

参考文献(References)

Adili S, He SY, Tian CM, Luo YQ, Yu F, Feng XF, 2008. *Carpamya vesuviane* Costa in the Turpan area of the occurrence and distribution of pupae. *Plant Quarantine*, 22(5): 295–297. [阿地力·沙塔尔，何善勇，田呈明，骆有庆，喻峰，冯晓峰，2008. 枣实蝇在吐鲁番地区的发生及蛹的分布规律. 植物检疫，22(5)：295–297]

Adili S, Zhang W, Cheng XT, Zhu YF, Luo YQ, Chen M, 2012. Genetic relation of *Carpomya vesuviana* from different geographiec populations. *Scientia Silvae Sinicae*, 48(6): 136–140. [阿地力·沙塔尔，张伟，程晓甜，朱银飞，骆有庆，陈梦，2012. 枣实蝇不同地理种群的亲缘关系. 林业科学，48(6)：136–140]

Basha JMG, 1952. Experiments on the control of the fruit borers of jujube (*Zizyphus* spp.) *Carpomyia vesuviana* Costa and *Meridarchis scyrodes* Meyr in South India. *Indian J. Entomol.*, 14(3): 229–238.

Batra HN, 1953. Biology and control of *Dacus diversus* Conquillet and *Carpomyia vesuviana* Costa and important notes on other fruit flies in India. *Indian Journal of Agricultural Science*, 23: 87–112.

Berdyeva NG, 1978. The dynamics of emergence of the jujube fly in Turkmenia. *Izvestiya Akadmii Nauk Turkmenskoi SSR, Biologicheskikh Nauk*, 2: 91–93.

Chen NZ, Shen ZR, 2002. Carpophagous Insect Pests. Chinese Agricultural Science and Technology Press, Beijing. 436–437. [陈乃中，沈佐锐，2002. 水果果实害虫. 北京：中国农业科学技术出版社. 436–437]

Ding YQ, 1998. Insect Mathematical Ecology. Science Press, Beijing. 318–332. [丁岩钦，1998. 昆虫数学生态学. 北京：科学出版社. 318–332]

Gyi MM, Lai OP, Dikshit AK, Sharma VP, 2003. Efficacy of insecticides for controlling ber fruit fly. *Annals of Plant Protection Sciences*, 11(1): 152–153.

He SY, 2009. Study on the Bioecology of *Carpomya vesuviana* Costa and the Forecast of Its Potential Geographic Distribution in China. MSc Thesis, Beijing Forestry University, Beijing. [何善勇，2009. 枣实蝇生物生态学特性及适生性分析. 北京：北京林业大学硕士学位论文]

He SY, Adili S, Zhu YF, Yu F, Wen JB, Tian CM, 2009b. The developmental threshold temperature and the effective accumulated temperature of *Carpomya vesuviana* pupae. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(5): 791–794. [何善勇，阿地力·沙塔尔，朱银飞，喻峰，温俊宝，田呈明，2009b. 枣实蝇蛹发育起点温度和有效积温测定. 昆虫知识，46(5)：791–794]

He SY, Zhu YF, Adili S, Yu F, Wen JB, Tian CM, 2009a. Occurrence of *Carpomya vesuviana* in Turpan region. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(6): 120–125. [何善勇，朱银飞，阿地力·沙塔尔，喻峰，温俊宝，田呈明，2009a. 吐鲁番地区枣实蝇发生规律. 昆虫知识，46(6)：120–125]

Khare JL, 1923. Ber (*Zizyphus jujuba*) fruit and its fly pest. *Agic. Res. Inst. Pusa Bull.*, (143): 1–16.

Lakra RK, Singh Z, 1983. Oviposition behavior of ber fruit fly *Carpomyia vesuviana* and relationship between its incidence and raggedness in fruits in Haryana India. *Indian Journal of Entomology*, 45: 48–59.

Lakra RK, Singh Z, 1989. Bionomics of *Ziziphus* fruitfly, *Carpomya veuviana*, in Haryana. *Bull. Entomol.*, 27: 13–27.

Pareek S, Fagera MS, Dhaka BS, 2003. Genetic variability and association analysis for fruitfly (*Carpomyia vesuviana* Costa) infestation in ber. *Indian Journal of Plant Protection*, 31(2): 89–90.

Pruthi HS, Batra HN, 1960. Some important fruit pests of North-West India. *Bull. Indian Coun. Agric. Res.*, (80): 61–64.

Sangwan MS, Lakra RK, 1992. Effect of temperature and soil depth levels on pupae of jujube fruit fly, *Carpomyia vesuviana* Costa. *Journal of Insect Science*, 5(1): 80–81.

Stonehouse JM, Mumford JD, Mustafa G, 1998. Economic losses to tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Pakistan. *Crop Protection*, 17(2): 159–164.

Tominic A, 1954. Biological investigations on *Carpomyia vesuviana* A. Costa. *Plant Protection (Belgrade)*, 24: 92–97.

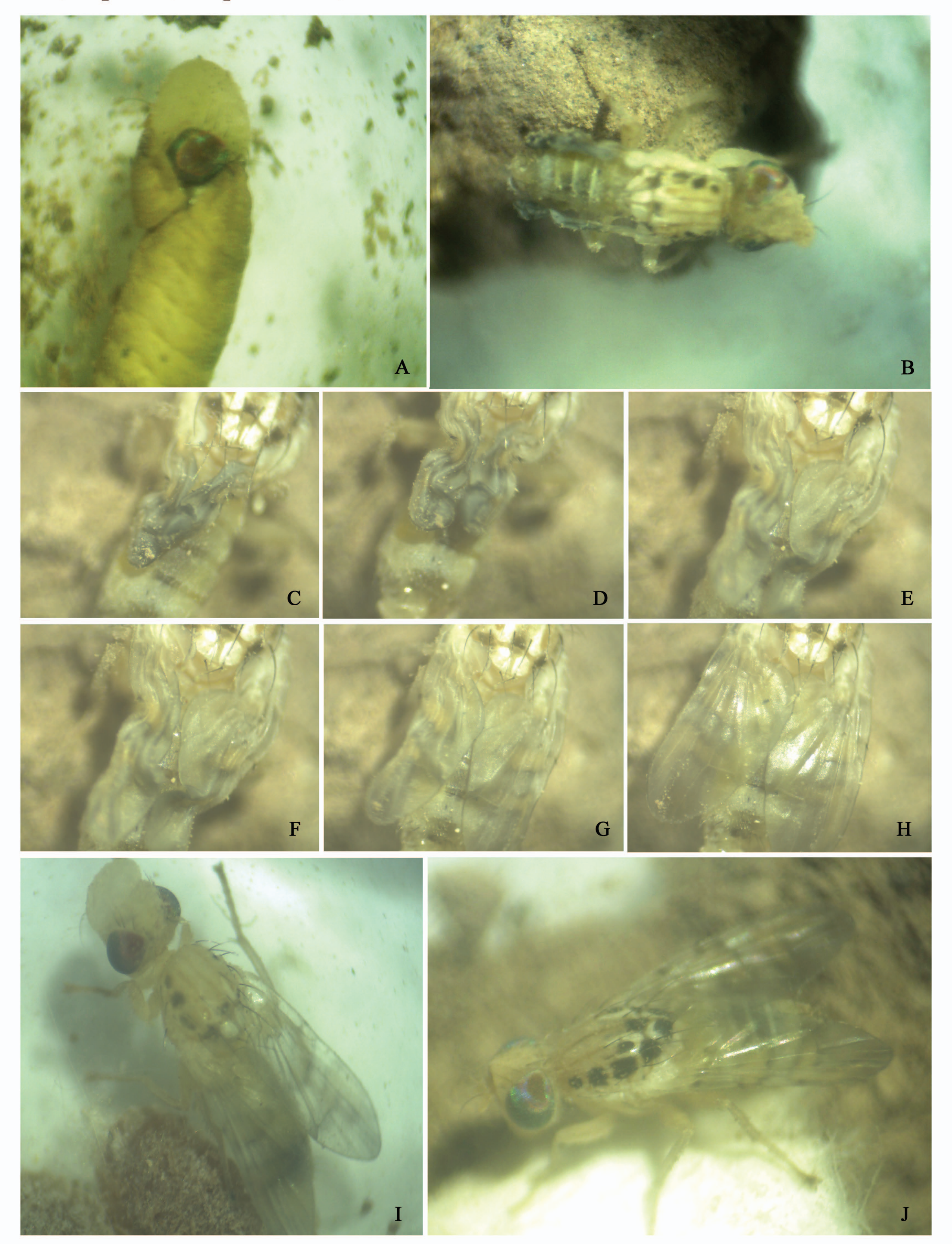
Yuan SY, Kong Q, Xiao C, Chen B, Li ZY, Gao YH, 2005. Developmental threshold temperature and effective accumulative temperature of *Bactrocera dorsalis* Hendel. *Journal of Southwest Agricultural University*, 27(3): 316–318. [袁盛勇，孔琼，肖春，陈斌，李正跃，高永红，2005. 桔小实蝇各虫态发育历期及有效积温研究. 西南农业大学学报，27(3)：316–318]

Yue CY, Tian CM, Zhang XP, Adili S, Liu AH, 2009. Risk analysis of *Carpomya vesuviana* in China. *Protection Forest Science and Technology*, 96(6): 32–34. [岳朝阳，田呈明，张兴平，阿地力·沙塔尔，刘爱华，2009. 枣实蝇入侵我国的风险分析. 防护林科技，96(6)：32–34.

Zhang RZ, Wang XJ, Adili S, 2007. Identification and precaution of the ber fruit fly, *Carpomya vesuviana*, a quarantine pest insect in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 928–930. [张润志，汪兴鉴，阿地力·沙塔尔，2007. 检疫性害虫枣实蝇的鉴定与入侵威胁. 昆虫知识，44(6)：928–930]

Zhang XX, 1995. Insect Ecology and Forecasting. China Agriculture Press, Beijing. 20–21. [张孝羲，1995. 昆虫生态及预测预报. 北京：中国农业出版社. 20–21]

(责任编辑：武晓颖)



A：枣实蝇出壳 Adult cracking pupal shell；B：刚出壳成虫 Adult newly emerged；C－H：枣实蝇展翅过程 Stretching process of wings；I：展翅后成虫 Adult with stretched wings；J：展翅后 1.5 h 成虫 Adult at 1.5 h after wing stretch.



A：交尾 Mating；B：产卵 Oviposition；C：1 个产卵孔内 2 粒卵 Two eggs in one oviposition aperture；D：1 个产卵孔内 5 粒卵 Five eggs in one oviposition aperture.